

**PENGARUH RASIO TULANGAN LONGITUDINAL DAN LETAK *LAP*  
*SPLICE* TERHADAP DAKTILITAS KOLOM BERTULANGAN  
RINGAN AKIBAT BEBAN SIKLIK**

**PUBLIKASI ILMIAH  
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**DESI PUTRI KURNIASARI  
NIM. 125060100111050**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2016**

# **PENGARUH RASIO TULANGAN LONGITUDINAL DAN LETAK *LAP SPLICED* TERHADAP DAKTILITAS KOLOM BERTULANGAN RINGAN AKIBAT BEBAN SIKLIK**

Desi Putri Kurniasari, Ari Wibowo, Siti Nurlina

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Jalan Jalan Mayjen Haryono 167 Malang 65145 -Telp (0341)567886

Email : [desiputrikurniasari@gmail.com](mailto:desiputrikurniasari@gmail.com)

## **ABSTRAK**

Kolom merupakan struktur yang sangat vital dalam bangunan, jika terjadi kegagalan pada kolom maka kemungkinan gagalnya seluruh bangunan sangat lah tinggi. Bangunan tua dan rumah penduduk banyak yang dibangun dengan rasio tulangan longitudinal kurang dari 1% atau umumnya dikenal sebagai kolom bertulangan ringan, karena kurangnya pengetahuan pelaksana tentang struktur. Disisi lain, kerap muncul bangunan bertingkat yang mengharuskan penggunaan *lap splice* pada kolom untuk dapat meneruskan tulangan, dimana peletakan *lap splice* yang tidak tepat dapat mempengaruhi kegagalan suatu kolom. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perilaku kolom bertulangan ringan dengan *lap splice* akibat gempa, perilaku yang dimaksud adalah daktilitas perpindahan. Pada penelitian ini digunakan dua jenis variasi yaitu rasio tulangan longitudinal (0.8% dan 1.1%) dan letak *lap splice* (bawah dan tengah). Terdapat 4 spesimen yang mewakili variasi tersebut dengan ukuran 150x160 mm dan  $f'c$  25 MPa. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban aksial konstan sebesar 0.1 Pu dan beban siklik hingga kolom melewati keruntuhan beban lateral dengan metode *displacement control*. Data yang dicatat untuk analisis daktilitas berupa data beban dan perpindahan tiap siklusnya. Hasil eksperimental dari penelitian ini menunjukkan bahwa kolom dengan rasio tulangan longitudinal 0.8% memiliki daktilitas yang jauh lebih besar dari kolom dengan rasio 1.1%, sedangkan kolom dengan letak *lap splice* di tengah memiliki daktilitas lebih besar dari kolom dengan letak *lap splice* di bawah, meskipun perbedaannya tidak signifikan.

Kata kunci : perilaku kolom, beton bertulangan ringan, daktilitas perpindahan, beban gempa, keruntuhan kolom

## **ABSTRACT**

*Column is one of important structure in building, failure of column will effect the failure of whole building. Many old buildings and inhabitant housing commonly built with longitudinal reinforcement ratio under 1% or usually called lightly reinforced concrete. It's caused by the less of builder structure knowledge. On the other hand, the number of buildings whose level over 1 rising, they commonly have lap splice to continue their reinforcement, whereas the unpropriate lap splice location may effect column failure. This study has aim to know the performance of lightly reinforced concrete column with lap splice subjected to earthquake. The column performance This study uses two kind of variations, those are longitudinal reinforcement ratio (0.8% and 1.1%) and lap splice location (bottom and middle of column). There are 4 specimens which represent those variations, the size of all columns are 150x160 mm and  $f'c$  25 MPa. The experiment is done by giving axial load constantly about 0.1 Pu and cyclic load until the column is over lateral load failure. Lateral load and displacement data in every cycle are used to analyze the displacement ductility of reinforced concrete. The experimental result of this study shows that columns with 0.8% longitudinal reinforcement ratio have a higher ductilty than columns with 1.1% longitudinal reinforcement ratio, and columns with lap splice located in the middle have a higher ductility than columns with lap splice located in the bottom, although the ductilities are not significantly different.*

*Keywords: column performance, lightly reinforced concrete, displacement ductility, earthquake load, column failure*

## **PENDAHULUAN**

Kolom merupakan batang tekan vertikal yang memiliki fungsi utama sebagai penyalur beban-beban bangunan dari atas hingga ke pondasi. Jika kolom mengalami suatu kegagalan, maka kemungkinan gagalnya keseluruhan bangunan juga tinggi. Pada saat terjadi gempa keruntuhan mendadak pada kolom sangatlah dihindari.

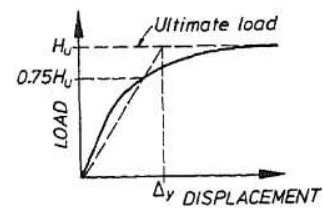
Sebagai daerah dengan potensi gempa yang tinggi, komponen struktur bangunan di Indonesia harus berasio tulangan longitudinal lebih dari 1%. Namun masih terdapat bangunan tua dan rumah tinggal dengan rasio tulangan longitudinal pada kolom kurang dari 1% atau biasa disebut dengan kolom bertulangan ringain karena kurangnya pengetahuan tentang struktur.

Kolom bertulangan ringan dipercaya memiliki kapasitas beban lateral dan kapasitas simpangan yang rendah, namun sebuah survey oleh Otani (1999) menunjukkan kegagalan bangunan bertulangan ringan didominasi kerusakan operasional yang berupa rusaknya kolom dan dinding struktural akibat lentur dan retak pada dinding non-struktural.

Saat ini banyak bermunculan bangunan dengan kolom bertulangan ringan yang memiliki lantai lebih dari satu sehingga mengharuskan penggunaan *lap splice* karena tidak memungkinkan untuk meneruskan tulangan. Dimana kegagalan pada kolom juga dapat disebabkan karena kesalahan peletakan *lap splice*. Oleh karena itulah penelitian tentang perilaku kolom bertulangan ringan dengan *lap splice* akibat gempa sangat perlu dilakukan, seperti daktilitas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio tulangan longitudinal dan letak *lap splice* terhadap daktilitas kolom bertulangan ringan akibat beban siklik.

## METODE

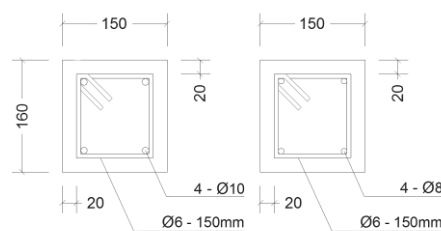
Penelitian dilakukan mulai dari perencanaan benda uji kolom hingga pengujian bahan penyusun kolom yang berupa beton serta baja tulangan dan pengujian siklik dengan hasil berupa hubungan beban – perpindahan untuk mendapatkan daktilitas perpindahan. Daktilitas perpindahan didapatkan dengan membagi perpindahan ultimit dengan perpindahan saat leleh. Perpindahan ultimit terjadi saat beban mengalami penurunan sebesar 20%, sedangkan perpindahan leleh dapat diambil dari titik potong beban yang mana beban diambil 75% dari beban *ultimate* (Park, 1988)



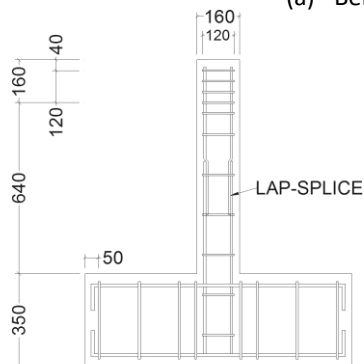
Gambar 1 Pengambilan Titik Leleh

Tabel 1 Spesifikasi Benda Uji

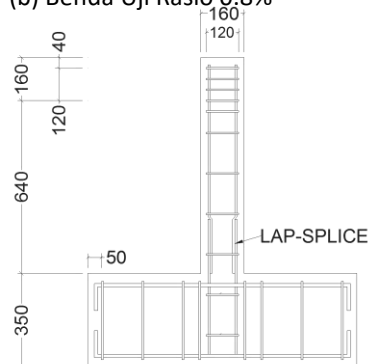
Nama Kolom	Dimensi Kolom (mm)	Tinggi kolom (mm)	Aspek Rasio	$\rho_V$ (%)	Tulangan Longitudinal	$\rho_H$		Tulangan Transversal	n	$f'_c$ (MPa)	Letak sambungan lewatan	$l_d$ (mm)
						Area	Volume					
L15SB	150 x 160	640	4	0,8	4Ø - 8	0,12	0,21	Ø6 - 150 mm	0,1	20	Di Bawah	200
L15SM	150 x 160	640	4	0,8	4Ø - 8	0,12	0,21	Ø6 - 150 mm	0,1	20	Di Tengah	200
M15SB	150 x 160	640	4	1,3	4Ø - 10	0,12	0,21	Ø6 - 150 mm	0,1	20	Di Bawah	250
M15SM	150 x 160	640	4	1,3	4Ø - 10	0,12	0,21	Ø6 - 150 mm	0,1	20	Di Tengah	250



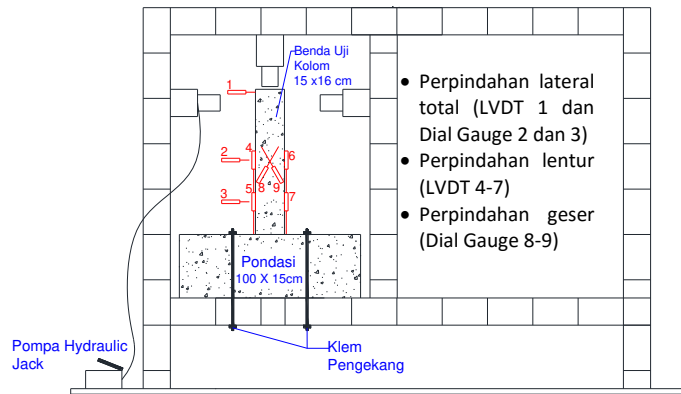
(a) Benda Uji Rasio 1.3% (b) Benda Uji Rasio 0.8%



(c) Lokasi *Lap Splice* di Tengah



(d) Lokasi *Lap Splice* di Bawah

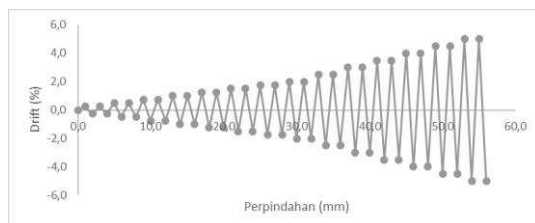


(d) Setting up Alat  
Gambar 2 Setting up Alat dan Spesifikasi Benda Uji

### Rancangan Penelitian

Kolom yang akan diuji berjumlah 4 buah dengan ukuran 150x160 mm dengan mutu beton rencana ( $f'_c$ ) 20 MPa dan tinggi kolom 640 mm. Variasi rasio tulangan longitudinal rencana sebesar 0.8% dan 1.3% sedangkan lokasi *lap splice* berada di bawah kolom dan di tengah kolom dimana panjang *lap splice* yang digunakan sebesar 200 mm untuk tulangan rasio 0.8% dan 250 mm untuk tulangan rasio 1.3%.

L15SB adalah kolom dengan rasio tulangan 0.8% (tulangan ringan) dan lokasi *lap splice* di bawah, L15SM adalah kolom dengan rasio tulangan 0.8% (tulangan ringan) dan lokasi *lap splice* di tengah, M15SB adalah kolom dengan rasio tulangan 1.1% dan lokasi *lap splice* di bawah, sedangkan M15SM adalah kolom dengan rasio tulangan 1.1% dan lokasi *lap splice* di tengah. Nilai rasio tulangan dan mutu beton spesimen dapat berubah sesuai hasil uji tekan dan diameter aktual tulangan. Ke empat kolom tersebut di uji menggunakan beban siklik dengan pembacaan perpindahan total pada ketinggian 640 mm.



Gambar 3 Siklus Pembebanan

Pengujian kuat tekan beton dan uji siklik dilakukan pada saat umur benda uji lebih dari 28 hari. Pengujian siklik menggunakan *displacement control* dengan peningkatan drift

sebesar 0.25% dari drift 0 sampai 2%, dilanjutkan dengan peningkatan sebesar 0.5% sampai pengujian tidak dapat dilanjutkan lagi. Beban yang diberikan sebesar 0.1Pu

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Analisis Bahan Penyusun Kolom

Tabel 2 Hasil Uji Tekan Beton

Kolom	Digital Hammer Test (MPa)	Analog Hammer Test (MPa)	Uji Tekan Silinder (MPa)	Standar Deviasi
L15SB	27,5	26,51	23,88	1,503333
L15SM	21	23,47	20,65	1,536667
M15SB	25,5	25,04	21,67	0,033333
M15SM	18	19,04	24,45	
Rata-rata		25,006667		

Nilai mutu beton yang digunakan adalah *analog hammer test*, karena sistem pembacaan *analog hammer test* yang mengambil nilai tengah di setiap pembacaan bukan nilai pembacaan terendah seperti *digital hammer test*, uji tekan silinder pun hanya menggunakan 1 silinder untuk masing-masing benda uji, sehingga hasilnya kurang meyakinkan untuk digunakan. Nilai  $f'_c$  yang digunakan sebesar 25 MPa.

Tabel 3 Hasil Uji Tarik Baja Tulangan

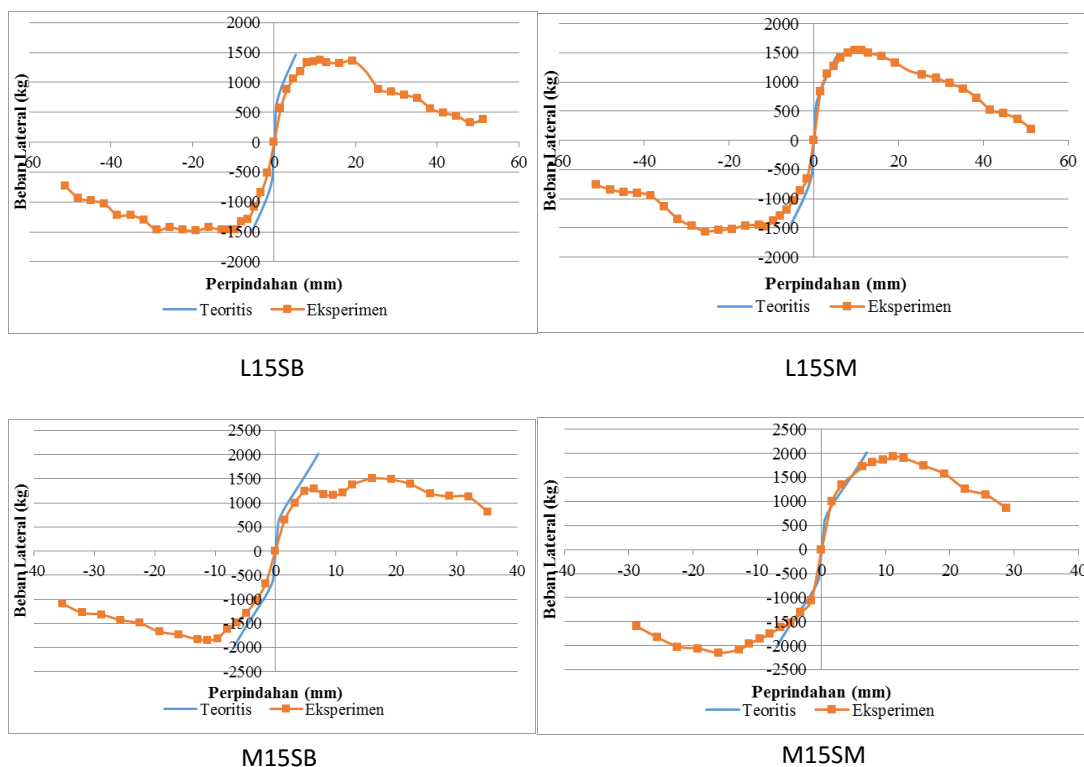
No. Tulangan	Diameter	Diameter Aktual (mm <sup>2</sup> )	A (mm <sup>2</sup> )	P (N)	$f_y$ (Mpa)
4	Ø6	5,92	27,53	10359,6	376,36
				$f_y$	376,36
3	Ø8	7,61	45,48	20000,1	439,72
2	Ø8	7,61	45,48	20523,5	451,22
1	Ø8	7,61	45,48	20000,1	439,72
				$f_y$	443,55
3	Ø10	9,15	65,76	35803,5	544,49
2	Ø10	9,15	65,76	35476,6	539,52
1	Ø10	9,15	65,76	36034,7	548,01
				$f_y$	544,01

Berdasarkan hasil uji tarik, maka digunakan nilai mutu baja ( $f_y$ ) untuk  $\varnothing 6$ ,  $\varnothing 8$ , dan  $\varnothing 10$  berturut-turut sebesar 376,36 MPa, 443,55 MPa, dan 544,01 MPa.

### Hasil Pengujian Beban Siklik

Hasil dari kurva positif akan dibandingkan dengan hasil kurva positif lainnya, begitu juga

dengan kurva negatif yang akan dibandingkan dengan kurva negatif. Hal tersebut dilakukan karena hasil dari pengujian beban lateral siklik antara kurva positif dan negatif tidak dapat dibandingkan secara langsung karena pada saat pengujian siklus negatif pada spesimen sudah terjadi penurunan kekuatan akibat pengujian siklus positif yang dilakukan sebelumnya



Gambar 4 Envelope Eksperimen dan Teoritis

### Analisis Beban Lateral Maksimum

Tabel 4 Perbandingan Beban Lateral Eksperimen dan Teoritis

Kolom		$H_{maks}$ (kg)		%
		Eksperimen	Teoritis	Selisih
L15SB	+	1369,25	1399,19	2,140
	-	1477,50	1399,19	5,597
L15SM	+	1547,25	1399,19	10,582
	-	1559,50	1399,19	11,457
M15SB	+	1509,00	2015,85	25,143
	-	1843,50	2015,85	8,550
M15SM	+	1929,75	2015,85	4,271
	-	2157,00	2015,85	7,002

Beban lateral maksimum saat pengujian perlu dikontrol, karena komponen daktilitas perpindahan seperti perpindahan saat leleh dan perpindahan saat ultimit sangat berkaitan dengan beban lateral maksimum. Dari tabel di atas nampak bahwa beban lateral maksimum

hasil eksperimen yang mendekati hasil teoritis dengan selisih antara 0-12%, kecuali M15SB di bagian kurva positif, yaitu sebesar 25.143 %. Hal tersebut dikarenakan pada saat pengujian bagian dorong (kurva positif) terjadi pemberian beban aksial yang kurang dan menyebabkan beban lateral menjadi turun, di saat kurva negatif mencapai beban maksimum

Berdasarkan perhitungan teoritis perbedaan lokasi *lap splice* tidak mempengaruhi nilai beban lateral maksimum, sedangkan perbedaan rasio tulangan longitudinal dapat mempengaruhi, berupa semakin besar rasio tulangan longitudinal, maka kolom akan memiliki kapasitas beban lateral maksimum yang lebih besar juga. Untuk hasil eksperimen menunjukkan tren yang sama dengan perhitungan teoritis.

Tabel 5 Rekapitulasi Daktilitas Perpindahan

Kolom		$\rho_v$ (%)	Lokasi <i>Lap Splice</i>	$\Delta u$ (mm)	$\Delta y$ (mm)	$\mu\Delta$
L15SB	+	0,8	Bawah	23,190	5,626	4,122
	-	0,8	Bawah	39,259	6,791	5,781
L15SM	+	0,8	Tengah	21,032	4,491	4,683
	-	0,8	Tengah	33,184	8,055	4,120
M15SB	+	1,1	Bawah	25,304	5,215	4,853
	-	1,1	Bawah	23,308	7,571	3,079
M15SM	+	1,1	Tengah	19,578	5,184	3,777
	-	1,1	Tengah	27,313	8,797	3,105

### Analisis Perpindahan Saat Leleh

Pada tabel 5 tidak dapat terlihat jelas pengaruh letak *lap splice* terhadap perpindahan saat leleh karena muncul variasi tren antara satu spesimen dengan spesimen lain. Pengaruh yang lebih terlihat adalah akibat rasio tulangan longitudinal dimana peningkatan rasio tulangan dapat memperbesar perpindahan saat leleh. Kecuali antara kurva positif M15SB dan L15SM, dimana perpindahan leleh 5.215 mm jauh lebih besar dari perpindahan leleh di kurva positif L15SB yaitu 5.626 mm, hal ini kemungkinan disebabkan karena nilai beban maksimum yang rendah pada M15SB seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

### Analisis Perpindahan Ultimit

Pada Tabel 5 terlihat bahwa rasio tulangan yang lebih besar mampu menahan beban yang lebih besar namun memiliki perpindahan ultimit yang rendah, begitu juga sebaliknya kecuali (L15SB-M15SB). Sedangkan, Lokasi *lap splice* memberikan pengaruh yang berbeda-beda:

- Pada rasio 0,8% *lap splice* di bawah memiliki perpindahan ultimit lebih besar daripada di tengah
- Pada rasio 1,1% kurva positif *lap splice* di bawah memiliki perpindahan ultimit lebih besar dibandingkan dengan *lap splice* di tengah, sedangkan kurva negatif *lap splice* di bawah memiliki

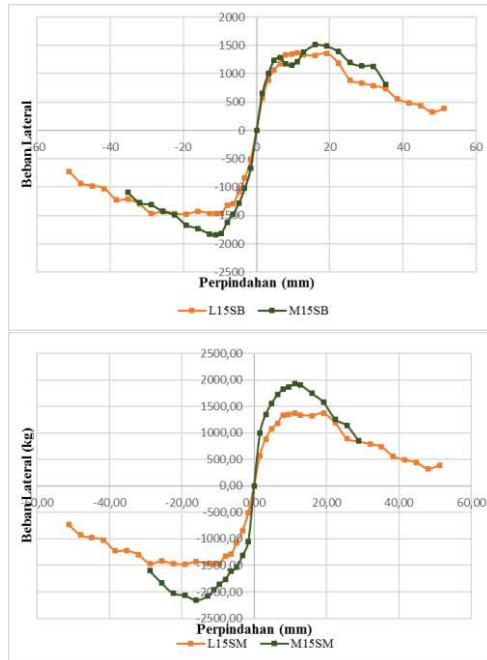
perpindahan ultimit lebih kecil dibanding *lap splice* di tengah.

### Analisis Daktilitas Perpindahan

Berdasarkan hasil perhitungan daktilitas perpindahan pada tabel 5, belum terlihat tren akibat lokasi *lap splice* dan rasio tulangan pada masing-masing spesimen. Oleh karena itu, dilakukan perbandingan dengan hubungan beban lateral – perpindahan dari perhitungan teoritis beban lateral dan perpindahan yang terjadi sebelum beban maksimum tercapai dengan kondisi kolom normal tanpa *lap splice*. Perpindahan yang terjadi merupakan perpindahan lentur yang dianalisis dengan rumus pendekatan elastis sesuai gambar 4

Pada gambar 4 terlihat bahwa kolom dengan *lap splice* di tengah memiliki perilaku seperti kolom normal kecuali kurva negatif L15SM, hal ini dimungkinkan karena tulangan tarik kurva negatif L15SM belum leleh namun beton sudah retak dan terlepas dahulu akibat ikatan spesi yang kurang baik. Sedangkan untuk kurva positif M15SB terdapat nilai beban maksimum yang cukup jauh akibat pemberian beban aksial yang kurang sehingga beban lateral kecil, dimana perbedaan beban maksimum ini sangat mempengaruhi daktilitas perpindahan. Dari penjelasan tersebut, kurva negatif L15SM dan kurva positif M15SB tidak dijadikan acuan untuk perbandingan.

a. Variasi Rasio Tulangan Longitudinal



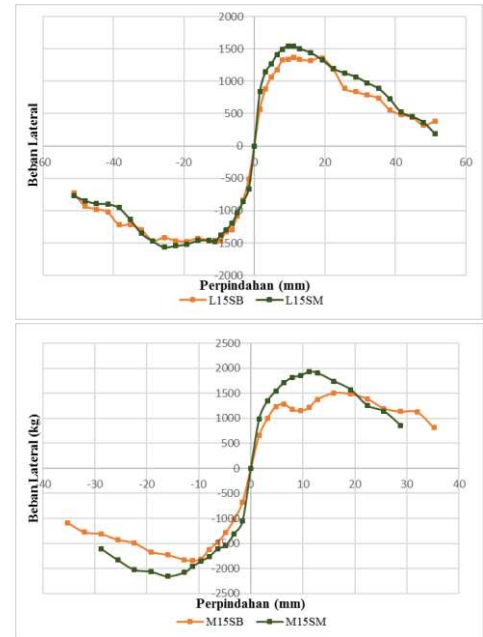
Gambar 5 Envelope akibat Variasi Rasio Tulangan Longitudinal

Tabel 6 Rekapitulasi akibat Variasi Rasio Tulangan Longitudinal

Kolom		$\Delta u$ (mm)	$\Delta y$ (mm)	$\mu\Delta$
L15SB	-	39,259	6,791	5,781
M15SB	-	23,308	7,571	3,079
L15SM	+	21,032	4,491	4,683
M15SM	+	19,578	5,184	3,777

Kurva kolom dengan rasio tulangan longitudinal 1.1 % lebih curam dan memuncak, dimana kurva tersebut berada di atas kurva kolom dengan rasio tulangan 0.8% dari awal pembebanan namun hanya sampai beberapa siklus setelah beban lateral maksimum tercapai hingga memotong kurva kolom dengan rasio tulangan 0.8%. Terlihat, bahwa kolom dengan rasio tulangan longitudinal 1.1% lebih mampu dalam menahan beban yang besar, namun runtuh di perpindahan yang lebih kecil dibandingkan kolom dengan rasio tulangan longitudinal 0.8% Mengecilkan rasio tulangan dapat meningkatkan daktilitas kolom dengan *lap splice* di bawah sebesar 87.78%, sedangkan untuk *lap splice* di tengah sebesar 23.99%.

b. Variasi Letak *Lap Splice*



Gambar 6 Envelope akibat Variasi Letak *Lap Splice*

Tabel 7 Rekapitulasi akibat Variasi Letak *Lap Splice*

Kolom		$\Delta u$ (mm)	$\Delta y$ (mm)	$\mu\Delta$
L15SB	+	23,190	5,626	4,122
L15SM	+	21,032	4,491	4,683
M15SB	-	23,308	7,571	3,079
M15SM	-	27,313	8,797	3,105

Kurva kolom dengan *lap splice* di bawah selalu berada di bawah kurva kolom *lap splice* di tengah dari awal dimulainya pembebanan sampai mengalami beban puncak, selepas dari beban puncak ke dua kurva memiliki kelandaian yang tidak jauh berbeda. Dengan menganggap beban puncak tidak jauh berbeda atau relatif sama, hal tersebut menunjukkan bahwa kolom dengan *lap splice* di tengah memiliki perpindahan yang lebih kecil untuk menahan beban yang sama di awal-awal siklus. Memindahkan lokasi *lap splice* ke tengah meningkatkan daktilitas kolom dengan rasio tulangan longitudinal 0.8% sebesar 13.6%, sedangkan kolom dengan rasio tulangan longitudinal 1.1% sebesar 0.85%

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kolom dengan rasio tulangan 0.8% memiliki daktilitas yang lebih besar dari pada kolom dengan rasio tulangan 1.1% yaitu M15SB dan M15SM dengan peningkatan 87.78% dan 23.99% hal tersebut dikarenakan kolom dengan rasio lebih besar runtuh pada perpindahan yang lebih kecil, sedangkan kolom dengan letak *lap splice* di tengah memiliki daktilitas yang lebih besar dari pada kolom dengan letak *lap splice* di bawah kolom yaitu L15SB dan M15SB dengan peningkatan sebesar 13.6% dan 0.85%.

Terdapat beberapa saran yang direkomendasikan untuk penelitian serupa yang akan datang:

- Jumlah benda uji di tiap variasi ditambah
- Penakaran saat pengecor dilakukan sesuai mix design
- Pengambilan sampel untuk uji tekan silinder minimal 3, uji hammer test tidak hanya 1x10 pukulan saja
- Memperhatikan segala komponen saat pengujian

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI 318. 2002. *Building Code Requirements for Reinforced Concrete*. Michigan: American Concrete Institute.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*. SNI-03-1726-2002. Jakarta.
- Ghannoum, W.M., Moehle, J.P., and Bozorgnia, Y. 2008. *Analytical Collapse Study of Lightly Confined Reinforced Concrete Frames Subjected to Northridge Earthquake Ground Motions*. Journal of Earthquake Engineering, Vol 12, pp 1105–1119.
- Nawy, Edward G. 2010. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: PT Refika Aditama
- Park. 1988. *Ductility Evaluation from Laboratory and Analytical Testing*. Japan: Ninth World Conference on Earthquake Engineering
- Park dan Paulay. 1975. *Reinforced Concrete Structures*. New York: John Wiley & Sons
- Paulay dan Priestley. 1992. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry buildings*. New York: Wiley Interscience
- Wibowo, Ari. 2012. *Seismic Performance of Insitu and Precast Soft Storey Building*. Victoria: Swinburne University of Technology